



APRESENTAÇÃO

Um sistema computacional é formado por diversos conjuntos de memórias, com características distintas atuando em prol de um mesmo objetivo, que é a execução e o armazenamento dos diversos programas e dados que esse sistema computacional em questão possui. Com a evolução tecnológica exigindo cada vez mais *performance* dos sistemas computacionais, muitas vezes, é necessário aplicar algumas técnicas, que têm como objetivo fazer com que o desempenho dos sistemas computacionais acompanhe as necessidades do mercado.

Nesta Unidade de Aprendizagem, você conhecerá as características e estruturas que diferenciam a memória principal e a memória *cache*, identificando os principais tipos de memórias dinâmicas, verificando suas características e diferenciando-as de tipos de memórias utilizadas em conjunto com as mesmas. Verá, ainda, a descrição de estruturas de memórias primárias e secundárias.

Bons estudos.

Ao final desta Unidade de Aprendizagem, você deve apresentar os seguintes aprendizados:

- Listar as principais características e estruturas da memória principal e do *cache*.
- Identificar os principais tipos de memórias dinâmicas.
- Descrever a estrutura das memórias (primárias e secundárias).



INFOGRÁFICO

As memórias DRAM são memórias voláteis de grande importância para a computação na atualidade, uma vez que elas são as responsáveis por armazenar temporariamente os sistemas e os seus dados fornecendo maior velocidade na entrega dos dados armazenados para processamento.

Na história da computação, diversos modelos de memórias DRAM surgiram e desapareceram do mercado, sendo que o sucessor de cada um desses tipos de memória sempre inseriram

inovações trazendo consigo diversas melhorias, além, é claro, de uma *performance* e capacidade de armazenamento superior.

No Infográfico a seguir, você verá mais informações sobre a evolução das memórias DRAM, abordando alguns dos tipos de memória DRAM já utilizados e alguns ainda em uso na atualidade.

EVOLUÇÃO DAS MEMÓRIAS DRAM

Em 1966, o ano foi marcado pela criação da memória DRAM (invenção do Dr. Robert Dennard) e pelo lançamento de uma calculadora Toshiba que já armazenava dados temporariamente.

A partir daí, diversos tipos de memórias DRAM foram desenvolvidos. Confira.

DIP E SIMM

Antes do lançamento dos processadores 286, os computadores usavam *chips* DIP. Esse tipo de memória era embutido na placa-mãe e auxiliava o processador a armazenar alguns dados.

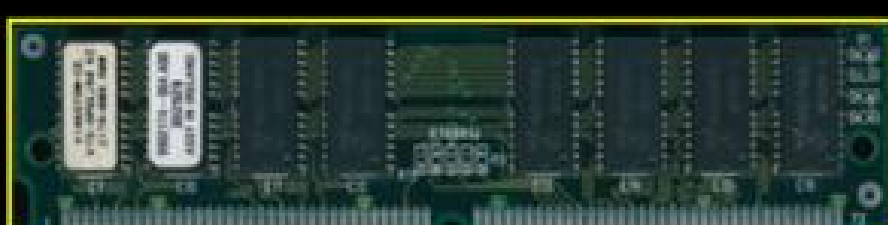
Após o lançamento dos processadores 286, os módulos SIMM passaram a ficar muito populares. Vale observar que esses módulos eram muito similares aos módulos atuais. **A primeira geração do padrão SIMM contava com 30 pinos e transmitia 9 bits de dados.** Foi utilizado nos primeiros 286, 386 e até em alguns modelos de 486. **A segunda geração de SIMM contava com 72 pinos, possibilitando a transmissão de até 32 bits.**



FPM E EDO

A tecnologia FPM (Fast Page Mode) **foi utilizada em memórias do padrão SIMM.** Módulos com essa tecnologia podiam armazenar incríveis 256 KB.

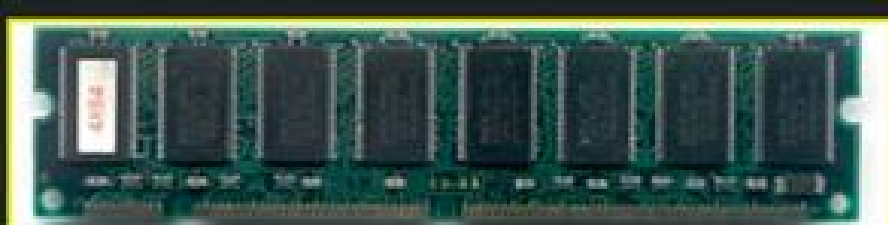
A tecnologia EDO (Extended Data Out) surgiu em 1995, **com desempenho 5% maior que a tecnologia FPM.** Essa tecnologia era quase idêntica à FPM, porém possibilitava iniciar um novo ciclo de dados antes que os dados de saída do ciclo anterior fossem enviados para outros componentes.



DIMM E SDRAM

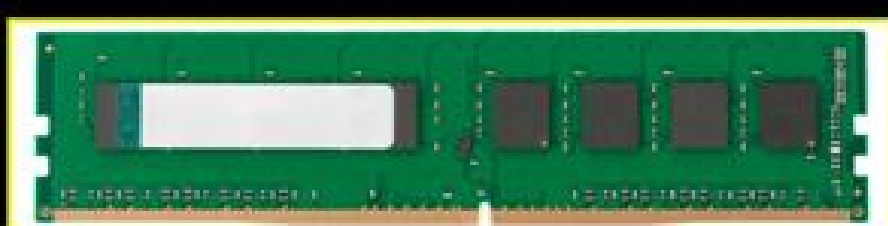
Basicamente, nos módulos DIMM, há *chips* de memória em ambos os lados da placa da memória, fato esse que contribui para que haja maior quantidade de memória em um único módulo. Além disso, **a capacidade de transmissão de dados subiu de 32 bits para 64 bits, o que ajudou a melhorar consideravelmente o desempenho das memórias** desse tipo em um sistema computacional.

Durante a evolução das memórias DIMM, a tecnologia DRAM evoluiu para a SDRAM, que tem uma capacidade de operar a velocidade de operação do barramento do sistema, atuando em conjunto com outros dispositivos e, por consequência, apresentando maior velocidade.



DDR, DDR2, DDR3 E DDR4

A sigla DDR (Double Data Rate) significa dupla taxa de transferência, ou seja, **uma DDR de 200MHz na realidade opera em 100MHz.** Com a evolução das memórias DDR, surgiram as memórias DDR2, DDR3 e DDR4, que inseriram maior frequência de operação e tensões menores de alimentação, aumentando *performance* e diminuindo a potência demandada.



Dessa forma, é possível observar que historicamente as memórias evoluíram no sentido de oferecer maior *performance*, mais capacidade de armazenamento e transmissão de dados, além de prover economia de energia.



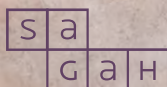
As memórias de alta *performance* são caras, conseqüentemente, seu uso em larga escala em um sistema computacional, apesar de interessante, terminaria por inviabilizar a comercialização de determinado sistema. Assim, técnicas como a utilização de memória *cache* em pequenas doses e distribuída em alguns níveis ajuda a inserir *performance* em um sistema, uma vez que os dados podem ser pré-carregados de memórias mais lentas, como a memória principal, e entregues na velocidade que o processador necessita.

Na obra *Arquitetura e Organização de Computadores*, base teórica pra essa Unidade de Aprendizagem, leia o capítulo Memória principal e *cache* e conheça as características desses importantes conjuntos de memórias, bem como as características das memórias dinâmicas, diferenciando-as de memórias empregadas em conjunto com as mesmas. Além disso, você verá a descrição e as características das estruturas de memória primária e secundária.

Boa leitura.

ARQUITETURA E ORGANIZAÇÃO DE COMPUTADORES

Diego Bittencourt de Oliveira



SOLUÇÕES
EDUCACIONAIS
INTEGRADAS



Memória principal e cache

Objetivos de aprendizagem

Ao final deste texto, você deve apresentar os seguintes aprendizados:

- Listar as principais características e estruturas da memória principal e do cache.
- Identificar os principais tipos de memórias dinâmicas.
- Descrever a estrutura das memórias (primárias e secundárias).

Introdução

A memória principal e a cache são muito presentes nos sistemas computacionais modernos. Enquanto a principal é a primeira a ser acessada pelo processador do computador, a cache, para aumentar o desempenho desse sistema, encontra-se inserida entre o processador e a memória principal com a função principal de inserir velocidade entre o processador e a memória principal.

Neste capítulo, você vai conhecer as memórias principal e cache, aprendendo suas principais características e estruturas. Além disso, vai ver, também, os principais tipos de memórias dinâmicas, analisando suas características em comparação a outras memórias. Por fim, vai conhecer as estruturas de memórias principais e secundárias.

Memória principal e cache: características

Segundo Monteiro (2007), uma das principais características definidas em um sistema computacional que utiliza como base a arquitetura von Neumann é a presença de um programa base armazenado no sistema. As instruções desse programa base armazenado serão as primeiras instruções a serem executadas pelo microprocessador e garantem ao sistema a sua automatização, além de velocidade na execução de programas.



Saiba mais

A arquitetura de von Neumann, proposta por John von Neumann, é uma arquitetura de computador que se caracteriza por armazenar seus programas em memória, abrindo a possibilidade de manipulá-los. A arquitetura de von Neumann é um projeto modelo de um computador com programa armazenado que utiliza uma unidade de processamento e uma unidade de armazenamento para armazenar instruções e dados.

Assim, podemos definir que a **memória principal**, basicamente, é a primeira a ser acessada pelo processador, e a instrução por instrução é carregada para a sua execução no processador, sendo a memória com a capacidade de armazenar programas e seus dados. Na Figura 1, podemos observar um chip de uma memória, tipo de componente que foi largamente utilizado nos primórdios da computação como memória principal. A janela de quartzo (elemento transparente no centro do componente) possuía a funcionalidade de apagar a memória, expondo essa janela à luz ultravioleta; assim, um novo programa poderia ser gravado nela. Um fato curioso é que, normalmente, um adesivo era colado na janela de quartzo desse componente, uma vez que, com o passar dos anos, a exposição à luz poderia afetar a persistência dos dados.

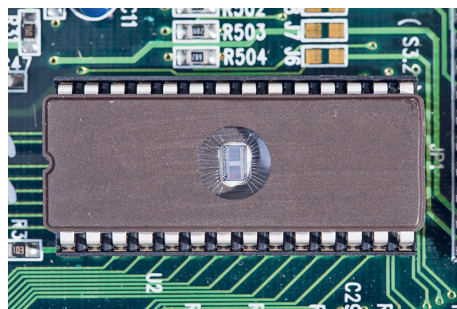


Figura 1. Exemplo de chip com tipo de tecnologia já utilizada como memória principal.

Fonte: Thomas Marchhart/Shutterstock.com.

Evidentemente, com o passar dos anos, as tecnologias evoluíram e, na atualidade, temos diversos outros tipos de memórias sendo utilizadas como memórias principais. A memória *flash* (responsável por armazenar o programa base) é um exemplo além das diversas tecnologias de memórias RAM (memórias que podem armazenar programas e seus dados) disponíveis. Porém, não é qualquer memória que pode ser utilizada para esse fim e alguns parâmetros básicos são definidos para as suas características. Veja alguns deles a seguir.

- **Tempo de acesso:** evidentemente, são mais lentas que as memórias cache, porém, mais rápidas que as memórias secundárias (HDs, fitas, dentre outras). Nos primórdios, essas memórias eram compostas por matrizes com núcleo magnético, fornecendo uma velocidade muito baixa. Com o surgimento de memórias compostas por semicondutores, passaram a ser utilizadas, uma vez que possuem tempos de acesso de poucos ns.
- **Capacidade:** em geral, a memória principal possui capacidade de armazenamento na casa de dezenas de MB (milhão de bytes) e, em alguns casos, essa memória pode ser limitada apenas pela capacidade de endereçamento do sistema computacional, ficando restrita a alguns GB (bilhões de bytes).
- **Volatilidade:** uma pequena parte desse conjunto de memória normalmente é não volátil, uma vez que armazena o conjunto de instruções que serão executadas sempre que o computador iniciar.
- **Temporariedade:** para que um determinado programa seja executado, deve estar armazenado na memória principal, juntamente a seus dados. Essa afirmação é parcialmente verdadeira, conforme menciona Monteiro (2007), visto que, na atualidade, o programa completo pode não ser necessário, sendo obrigatórias apenas as instruções que serão executadas. Porém, tanto os dados quanto o programa, em algum momento, serão temporariamente armazenados em memória, sejam completos ou parcialmente completos. A temporariedade é muito variável e depende dos programas e dados carregados em memória.
- **Tecnologia:** conforme já mencionamos, parte da memória principal pode ser volátil e parte não volátil; logo, a presença de diversos tipos de tecnologias de memórias pode ser encontrada nas memórias principais.
- **Custo:** as memórias principais são consideravelmente mais baratas que as memórias cache, porém, consideravelmente mais caras que as memórias secundárias.

Para a execução de uma instrução, o processador realiza acessos à memória principal pelo menos uma vez, na busca de uma instrução e transferindo para

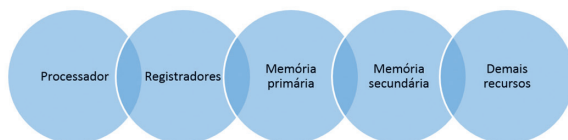
um registrador do processador. Porém, determinadas instruções necessitam de outros acessos à memória principal, seja para transferir dados para o processador ou para transferir o resultado do processador para a memória.

Dessa forma, observamos que, para a execução de uma instrução, é necessário um ou mais ciclos de memória. Uma vez que o ciclo de memória principal, atualmente, é maior que o ciclo de uma instrução, é bastante claro que a duração da execução de um ciclo de instrução é afetado pela demora da memória principal. Observamos, assim, que existe um gargalo entre a memória principal e o processador, e, apesar dos esforços tecnológicos para diminuir esse gargalo, ele acabou aumentando com o passar dos anos. Assim, surgiu a necessidade de buscar novas técnicas que eliminem ou ao menos reduzam essa perda de desempenho em virtude do gargalo descrito.

Segundo Monteiro (2007), em busca de uma melhora na *performance* na tentativa de eliminar ou pelo menos amenizar tal gargalo, foi inserida uma memória entre o processador e a memória principal, que foi batizada de **memória cache**. Sua principal função em um sistema computacional é inserir velocidade entre o processador e a memória principal, consequentemente, aumentando o desempenho do sistema computacional em questão.

Na Figura 2, podemos observar uma representação em que a memória cache foi inserida nos sistemas computacionais, já que, em um sistema sem memória cache, o processador atua diretamente com a memória principal; já em um sistema equipado com memória cache, o processador atua por meio da memória cache com a memória principal.

Sem memória cache:



Com memória cache:

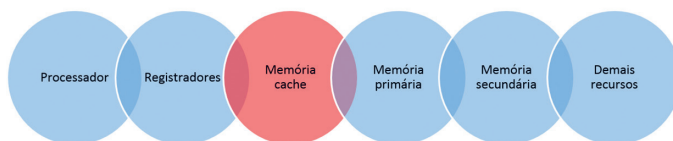


Figura 2. Comparação de sistemas computacionais com e sem memória cache.

Nos primórdios da computação, a memória cache era um componente externo e dependia da situação de um componente opcional; a sua ausência acarretaria uma *performance* comum, sistemas sem memória cache, e, uma vez presente no sistema computacional, traria um acréscimo de *performance*. Na Figura 3, temos a ilustração de componentes eletrônicos cuja aparência física se assemelha à das memórias cache externas utilizadas.

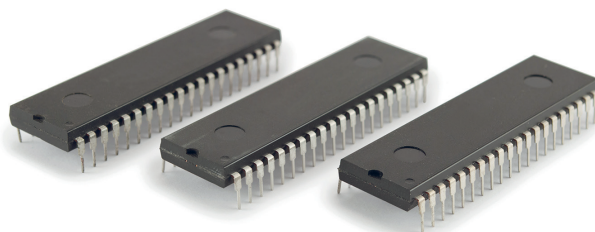


Figura 3. Exemplo da aparência física de uma memória cache externa.

Fonte: Hemerocallis/Shutterstock.com.

Na atualidade, a memória cache passou a integrar os processadores no mesmo invólucro, ou seja, na mesma pastilha de silício em que se encontram os circuitos do processador, estão integradas as memórias cache. Dessa forma, ela passou a ser uma memória cache interna, e não mais instalada separadamente ao processador.

Quando nos referimos à memória cache na atualidade, normalmente a associamos às memórias cache “L1”, “L2” ou “L3”. Essas memórias são memórias cache, porém, com algumas divisões em níveis (em que “L1” se refere a “Level 1” ou nível 1) que refletem em sua *performance*, ou seja, “L1” possuindo maior *performance* e “L3” menor *performance*; consequentemente, com uma maior quantidade de memória cache “L3” que as demais (técnica utilizada para amenizar o custo que essas memórias cache inserem nos processador).

A seguir, você pode conferir alguns parâmetros básicos definidos para as características das memórias cache.

- **Tempo de acesso:** o tempo de acesso da memória cache se assemelha ao tempo de acesso dos registradores de um processador; sendo assim, o tempo de acesso dessas memórias varia de poucos ns a tempos de acesso inferiores a isso.

- **Capacidade:** a memória cache deve possuir uma quantidade adequada de memória, uma vez que o processador a acessa em busca de instruções e, na falta de instruções carregadas em memória cache, o processador tem de aguardar até que as instruções sejam carregadas da memória principal para a memória cache. Na atualidade, observando-se que a maioria dos processadores possuem nível de memória cache (“L1”, “L2” e “L3”), os valores típicos de “L1” variam de 32KB a 256KB, sendo que, em processadores de alta *performance*, podemos encontrar quantidades em MB. Já “L2” pode possuir de forma comum valores na casa dos MB, assim como “L3”, porém, em quantidades um pouco superiores quando presentes.
- **Volatilidade:** memórias cache, assim como os registradores, são memórias voláteis; dessa forma, na ausência de energia elétrica, suas informações são perdidas.
- **Temporariedade:** o tempo de permanência da informação nessa memória é relativamente pequeno, sendo menor que a duração da execução do programa ao qual a instrução ou o dado pertence. A memória cache deve ser liberada a todo o instante após a sua utilização, uma vez que novos dados e instruções devem ser carregados para a execução.
- **Tecnologia:** são fabricadas com tecnologia de igual ou similar desempenho ao dos processadores.
- **Custo:** o custo das memórias cache é alto e fica muito mais próximo ao custo dos registradores do que ao das memórias principais.

Tipos de memórias dinâmicas

Segundo Null e Lobur (2011), um dos tipos de memórias primárias é a memória RAM (*Random Access Memory* ou memória de acesso aleatório). A RAM é uma memória de leitura/escrita, ou seja, o seu conteúdo pode ser escrito ou lido, e esse processo de leitura não é destrutivo, isto é, não destruirá a informação. Outra característica marcante da memória RAM é o fato de que a mesma é volátil e, dessa forma, na ausência de alimentação elétrica, a RAM perde seus dados.

Assim, sendo um tipo de memória primária, a memória RAM é utilizada para armazenar dados (por exemplo, medidas ou resultados de cálculos intermediários) ou programas que podem ser carregados para imediato processamento. Na Figura 4, podemos observar um exemplo real de uma memória do tipo RAM.

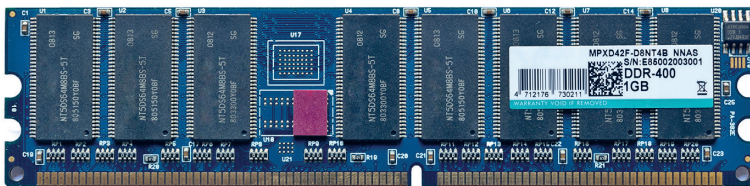


Figura 4. Exemplo de memória RAM

Fonte: WoonYumkai/Shutterstock.com.

O nome RAM, conforme já mencionado, significa memória de acesso aleatório, uma vez que qualquer um de seus conteúdos pode ser acessado a qualquer momento. Logo, uma memória RAM se difere de uma memória sequencial, como a fita magnética, em que o acesso a dados é realizado em uma ordem fixa — por exemplo, a ordem na qual os dados circulam embaixo da cabeça da fita.

Duas tecnologias são usadas para memórias RAM: estática e dinâmica. A RAM estática ou SRAM (*Static Random Access Memory*) é composta, basicamente, por registradores com circuitos Flip-Flop, sendo utilizado um Flip-Flop por bit, e os circuitos necessários para decodificar os endereços e selecionar o registrador correto.

O circuito de uma memória RAM estática pode tornar-se complexo, necessitando até 10 transistores por bit de armazenamento, transformando-a em um circuito denso e com um custo relativamente alto. Esse fato limita a RAM estática a possuir uma pequena capacidade de armazenamento. Os registradores e as memórias cache são constituídas de memórias RAM estáticas.



Saiba mais

Um Flip-Flop é um circuito formado por portas lógicas (OR, AND, NOT, NOR, NAND, XOR ou XAND) que forma um arranjo eletrônico capaz de armazenar 1 bit de dados por Flip-Flop. Essa informação permanece armazenada de forma correta e confiável enquanto a alimentação estiver sendo aplicada no circuito. Uma vez que a alimentação deixar de ser aplicada no circuito, a informação armazenada no Flip-Flop é perdida, sem possibilidade alguma de obter essa informação novamente e sem que ela tenha sido armazenada em uma memória não volátil antes de a alimentação ser cortada.

No intuito de superar as limitações de densidade das memórias estáticas, as RAMs dinâmicas ou DRAM (*Dynamic Random Access Memory*) não armazenam dados binários em Flip-Flops, sendo armazenados como a carga elétrica em minúsculos capacitores. Esses capacitores não necessitam ser especialmente fabricados, uma vez que são providos pela capacitância da porta dos transistores MOS (*Metal-Oxide Semiconductor*). Por meio dessa técnica, são necessários poucos transistores por bit de armazenamento (normalmente, três transistores por bit de armazenamento).



Saiba mais

Capacitores são componentes eletrônicos, capazes de armazenar uma determinada quantidade de energia elétrica. Os capacitores, geralmente, são produzidos de forma muito simples, formados por duas placas condutoras paralelas, chamadas de armaduras, que podem, ou não, ser preenchidas com um meio altamente dielétrico (isolante).

A RAM dinâmica possui uma vantagem que podemos facilmente observar: sua célula de 1 bit é menor que um Flip-Flop da RAM estática, o que resulta em uma densidade muito maior. Por exemplo, uma RAM dinâmica de 64KB reside na mesma área de chip que uma RAM estática de 16KB. Porém, essa célula menor resulta em uma velocidade inferior à velocidade provida por uma RAM estática. Na Figura 5, podemos observar, à esquerda, as células de memória RAM estática, com capacidade de armazenamento de 16KB, e as células à direita representando células de memória RAM dinâmica, com capacidade de armazenamento de 64KB — lembrando que todas as células possuem o mesmo tamanho físico. Dessa forma, temos a ideia de que a memória RAM dinâmica possui uma maior capacidade de armazenamento na mesma área de circuito.



Figura 5. A memória RAM dinâmica (à direita) armazena 4 vezes mais informações no mesmo espaço que uma memória RAM estática (à esquerda).

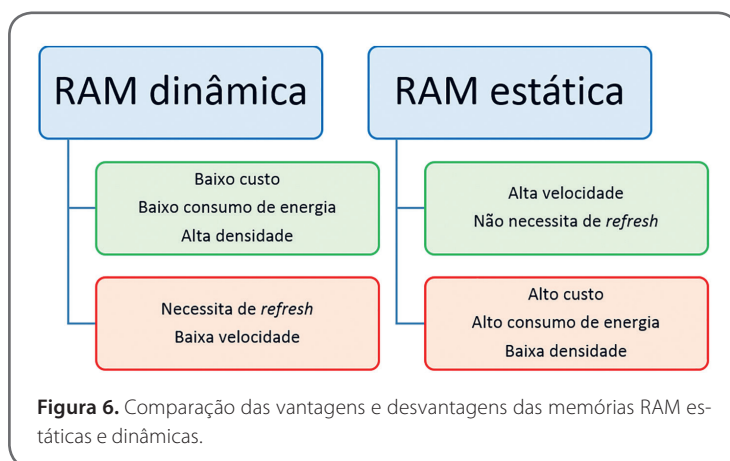
A memória RAM dinâmica é assim nomeada em virtude de os capacitores terem a tendência a se descarregar, necessitando serem periodicamente recarregados para manterem seus dados armazenados de forma correta. Essa carga realizada de forma periódica é chamada “refrescamento” (em inglês, *refresh*) da memória, que é a desvantagem do uso de uma RAM dinâmica, já que haverá aumento da complexidade do quadro de memória devido à necessidade de uma lógica adicional. Da mesma forma, qualquer carga armazenada no capacitor se acaba e, dentro de poucos milissegundos, a maioria da carga é perdida.

No intuito de preservar a informação armazenada em uma memória RAM dinâmica, a carga deve ser “refrescada” (*refreshed*) a cada 1 ou 2 milissegundos. O processo de *refresh* consiste na leitura da informação e, depois, a informação é gravada de volta à memória, restaurando, assim, a carga completa. Para ganhar tempo, o processo de *refresh* lê uma linha ou coluna completa em um mesmo ciclo de *refresh*.

Observe que a organização de memória interna da RAM dinâmica não corresponde à sua aparência externa. Em particular, uma RAM dinâmica de 4Kb pode possuir 64 colunas por 64 linhas, sendo necessário, apenas, 64 operações para um *refresh* completo de memória. A necessidade de prover um *refresh* apresenta duas desvantagens:

- a lógica do *refresh* deve ser fornecida na placa;
- o *refresh* diminui o tempo de execução do processador; pelo atraso de acesso de memória enquanto, o *refresh* está progredindo. Porém, uma boa estratégia de *refresh* somente degradará a velocidade de execução do processador de 1 a 5%.

Além do maior número de bits por chipe, as RAMs dinâmicas também oferecem um consumo de potência reduzido, incluindo a potência necessária para o *refresh*. Essa redução de potência se deve ao fato de que os dados são armazenados na forma de tensão em capacitores. Na Figura 6, temos uma comparação das vantagens e desvantagens das memórias RAM dinâmica e estática, em que podemos observar que, apesar de a memória RAM dinâmica ser mais lenta e necessitar de *refresh*, fornece características que não encontramos na RAM estática, como baixo custo, baixo consumo de energia e uma alta densidade.

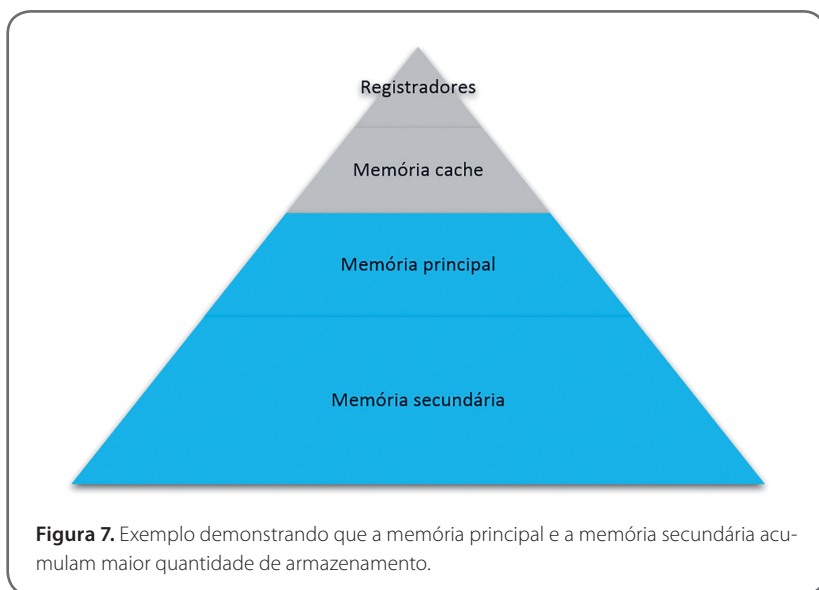


Estrutura das memórias (primárias e secundárias)

Segundo Weber (2012), a memória é um componente cuja função é armazenar internamente toda informação que é manipulada pelo sistema computacional: os programas (conjunto de instruções) e os dados. A capacidade de armazenar um programa é uma característica que permite o processamento automático de dados.

As memórias primárias e secundárias compreendem praticamente toda a memória disponível em um sistema computacional, sendo que a memória secundária compreende a maior fatia da memória disponível. A memória cache, por exemplo, compreende poucos megabytes (quando atinge tal quantidade, já que, muitas vezes, podem conter menos de 1MB de memória cache).

Na Figura 7, podemos observar um arranjo em pirâmide (que muitos autores utilizam para demonstrar a hierarquia das memórias) exemplificando o quanto as memórias citadas predominam em um sistema computacional.



As memórias podem possuir dois tipos:

- RAM (*Random Access Memory* ou memória de acesso aleatório ou randômico): é um tipo de memória de escrita e leitura que é volátil;
- ROM (*Read Only Memory* ou memória só de leitura): é um tipo de memória que se caracteriza por ser não volátil.



Saiba mais

BIOS é a abreviação de *Basic Input/Output System*, sistema básico de entrada e saída presente em praticamente todos os sistemas computacionais da atualidade. A BIOS nada mais é que uma pequena memória ROM que contém todo o *software* básico necessário para inicializar a placa-mãe; o processador é programado para procurar e executar o BIOS sempre que o micro é ligado, processando-o da mesma forma que outro *software* qualquer.

As memórias principais possuem uma estrutura composta por memórias RAM, em sua maior parte, e uma pequena parcela de memória ROM, que armazena alguns programas básicos do sistema computacional. Já a memória secundária é predominantemente do tipo ROM, uma vez que seus dados devem ser retidos em memória para serem utilizados novamente, depois de o sistema computacional ser energizado novamente após ser desligado.



Saiba mais

Há várias tecnologias de memória do tipo ROM. Veja, a seguir, uma lista tipos de memórias ROM mais comuns.

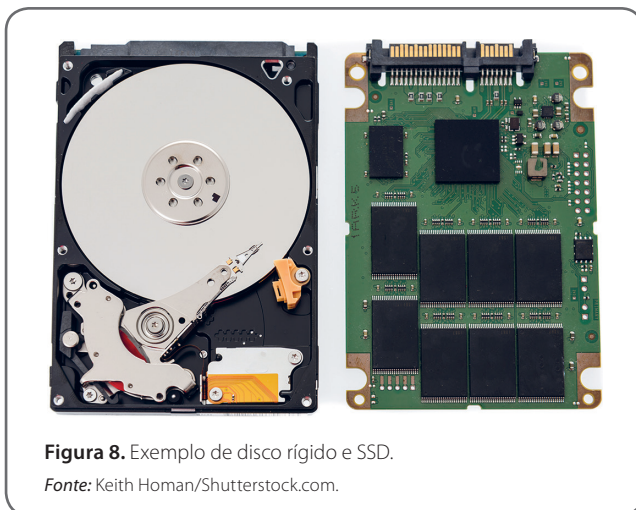
- ▶ PROM (*Programmable Read Only Memory* ou memória programável exclusiva para leitura): pode ser programada por meio de um equipamento específico e gravada uma única vez.
- ▶ EPROM (*Electrically Programmable Read Only Memory* ou memória exclusiva para leitura programável eletricamente/*Erasable Programmable Read Only Memory* ou memória exclusiva para leitura, programável e apagável): seu conteúdo pode ser gravado, apagado e regravado por equipamento específico.
- ▶ EAROM (*Electrically Alterable Read Only Memory* ou memória alterável eletricamente): seus dados podem ser alterados.
- ▶ EEROM (*Electrical Erasable Programmable Read Only Memory*): seu conteúdo pode ser apagado a partir de processos elétricos.

A estrutura da memória primária é desenvolvida com o intuito de fornecer armazenamento temporário, que atua como uma espécie de memória temporária das informações da memória secundária. Dessa forma, por possuir uma *performance* superior que a da memória secundária, possibilita a execução dos programas carregados com maior velocidade que a memória secundária.

A memória secundária, por sua vez, possui sua estrutura projetada para armazenar o maior número de informações e programa possíveis, com um baixo custo e alta nível de confiabilidade nesse armazenamento. Ou seja, os dados armazenados na memória secundária não podem ser perdidos uma vez que a alimentação elétrica seja descontada. Além do baixo custo, uma

vez que as memórias secundárias na atualidade possuem armazenamento na casa dos TB (terabytes), uma tecnologia de armazenamento com alto custo inviabilizaria a sua utilização como memória secundária.

Normalmente, a memória secundária é composta por dispositivos como o *hard drive* ou, como é popularmente conhecido, disco rígido (ou simplesmente HD). Atualmente, temos, ainda, o SSD (*Solid State Disk*), que, em comparação com o HD, é um dispositivo de armazenamento mais rápido, confiável (uma vez que o HD possui componentes mecânicos que podem ser afetados por diversas outras situações às quais o SSD não é exposto); porém, mais caro em alguns casos, já que o custo por byte de um SSD pode ser 4 vezes maior que o custo do por byte do SSD. Na Figura 8, podemos observar um HD e um SSD respectivamente.



A memória secundária pode possuir ainda diversos outros tipos de mídias de armazenamento, como *pendrives*, cartões de memória, CD, DVD, BlueRay e muitos outros dispositivos derivados dessas tecnologias.



Referências

MONTEIRO, M. A. *Introdução à organização de computadores*. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

NULL, L.; LOBUR, J. *Princípios básicos de arquitetura e organização de computadores*. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

WEBER, R. F. *Fundamentos de arquitetura de computadores*. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

Leitura recomendada

DELGADO, J.; RIBEIRO, C. *Arquitetura de computadores*. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

Encerra aqui o trecho do livro disponibilizado para esta Unidade de Aprendizagem. Na Biblioteca Virtual da Instituição, você encontra a obra na íntegra.

Conteúdo:





DICA DO PROFESSOR

Em um sistema computacional moderno, é normal que haja uma memória muito rápida, integrada no mesmo *chip* que o processador, que o ajuda a atingir o seu máximo desempenho, mesmo realizando a comunicação com memórias RAM mais lentas que a velocidade do processador. Essas memórias são as memórias *cache*, que normalmente são disponibilizadas em pequenas quantidades, visando alimentar o processador de informações, evitando que ele fique ocioso à espera de dados para processar.

Na Dica do Professor de hoje, você verá diversas informações sobre o funcionamento da memória *cache* em um sistema computacional, verificando suas características.

Conteúdo interativo disponível na plataforma de ensino!



EXERCÍCIOS

- 1) **Na maioria dos sistemas computacionais da atualidade, há diversos conjuntos de diferentes memórias em um mesmo sistema. Indique qual das opções a seguir representa uma memória de alta velocidade normalmente próxima ao processador, em que são armazenados dados e instruções por um curto espaço de tempo para a execução e manipulação dos mesmos.**
 - A) Memória DRAM.
 - B) Memória SRAM.
 - C) Memória RAM.
 - D) Memória principal.

E) Memória *cache*.

- 2) As memórias presentes em um sistema computacional têm diversas tecnologias diferentes, por exemplo, um determinado tipo de memória utiliza um pequeno conjunto de componentes incluindo um capacitor para armazenar um bit de informação, sendo que esse tipo de memória é conhecido como DRAM.

Assinale a alternativa que apresenta uma vantagem desse tipo de memória em relação aos demais tipos.

A) Maior densidade.

B) Necessidade de *refresh*.

C) Menor velocidade.

D) Alto custo.

E) Maior consumo de energia.

- 3) A memória de um computador pode ser analisada observando diversos tipos de parâmetros, como, por exemplo, o tempo de acesso, volatilidade, custo, entre outras análises. A memória primária não é uma exceção, suas características podem ser analisadas com base nos parâmetros citados.

Assinale a alternativa que apresenta uma característica das memórias primárias.

A) Maior custo em comparação às memórias *cache*.

B) Menor velocidade em comparação às memórias *cache*.

C) Maior armazenamento que as memórias secundárias.

D) Menor custo em comparação às memórias secundárias.

E) Menor armazenamento que memórias *cache*.

4) **A memória RAM tem duas tecnologias de memória, as memórias estáticas e as memórias dinâmicas, sendo que a principal diferença entre as duas tecnologias é que as memórias dinâmicas têm uma densidade maior que as memórias estáticas.**

Com relação a essa densidade das memórias dinâmicas, assinale a alternativa correta.

A) Apresentam maior custo financeiro.

B) Apresentam maior consumo de energia.

C) Apresentam maior velocidade.

D) Apresentam maior armazenamento.

E) Apresentam maior produção de calor.

5) **Um sistema computacional possui memórias temporárias ou voláteis que armazenam dados enquanto estão energizadas, além de memórias secundárias, que permitem o armazenamento permanente dos dados.**

Assinale a alternativa que apresenta uma memória secundária.

A) *Cache* L1.

B) DRAM.

C) SRAM.

D) RAM.

E) HD.



NA PRÁTICA

Os sistemas computacionais devem ser projetados de forma equilibrada, por exemplo, de nada adianta contar com um bom processador com muita memória *cache* e, nesse mesmo sistema, contar com memórias RAM lentas e com pouca capacidade de armazenamento. Atualmente, há uma infinidade de fabricantes e tipos de componentes com as mais variadas características que ajuda a desenvolver sistemas computacionais equilibrados, desde sua *performance* até seu custo.

Veja agora uma situação em que é necessário definir uma mudança de *hardware* em um sistema computacional para atender a alguns requisitos.

Mário é profissional de infraestrutura de TI e faz parte de uma equipe que está projetando um conjunto de computadores para uma equipe de edição de imagens e vídeos.

O objetivo é obter um computador com capacidade de processamento suficiente para atender as tarefas que a equipe vai necessitar.



Os projetistas fixaram a memória RAM dos computadores projetados em 32GB, observando que, de acordo com as tarefas que serão executadas, é suficiente e atende a necessidade. O processador escolhido possui 3,3GHz e uma memória *cache* de 4MB.

Ao realizar testes, foi observado que o sistema travava ao realizar alguma tarefa mais complexa, apesar de a memória RAM ter espaço de sobra.



A equipe, então, solicitou uma reunião com Mário para lhe informar a situação, buscando a aprovação dele para uma das 3 possibilidades que levantaram para solucionar o problema em questão.

- ◆ Primeira possibilidade: melhorar a *performance* do HD, uma vez que, ao solicitar dados não carregados em RAM, pode atrasar o sistema.
- ◆ Segunda possibilidade: instalar memória RAM mais rápida.
- ◆ Terceira possibilidade: trocar o processador por um com maior frequência de operação.

Ao analisar a situação, Mário identificou que a melhor alternativa seria a troca do processador, entretanto, não por um processador mais veloz, e sim por um processador com maior memória *cache*, podendo inclusive ser um pouco mais lento, porém com mais memória *cache*.

A memória RAM de 32GB carregava com folga todos os dados necessários ao processamento em questão e tinha a velocidade necessária ao sistema para entregar os dados com boa *performance* quando solicitados.

Ao analisar a *performance* do HD, Mário identificou que este também estava trocando as informações com a *performance* adequada à situação.



E realizou a sugestão de modificar o processador por um processador com maior quantidade de memória *cache*, uma vez que observou que o processador atual passava muito tempo aguardando dados da memória RAM serem carregados em *cache* para então serem processados.



Observou, também, que a velocidade de 3,3GHz do processador atual poderia inclusive ser menor, já que os processos previstos seriam processados tranquilamente por 3,1GHz. Mário sugeriu então um processador com 3,1GHz e memória *cache* na casa dos 12MB.

Após ouvirem as considerações de Mário, foi selecionado um processador com as características indicadas. Após a instalação de tal processador, novos testes foram realizados, e foi identificado o bom funcionamento do sistema frente às tarefas previstas.

Outro fato interessante é que a menor frequência do processador ajudou a diminuir o custo de troca do processador, e o sistema ainda ficou mais rápido que no formato original.





Para ampliar o seu conhecimento a respeito desse assunto, veja abaixo as sugestões do professor:

Projeto de Sistemas Computacionais - Aula 04 - Memórias

Veja este interessante vídeo que mostra diversas informações sobre as memórias que são encontradas em um sistema computacional.

Conteúdo interativo disponível na plataforma de ensino!

O que é memória *cache*? Entenda sua importância para o PC

A memória *cache* trabalha em conjunto com o processador, de forma a inserir velocidade na troca de informações entre o processador e os demais conjuntos de memórias disponíveis em um sistema computacional. Neste artigo, veja diversas informações sobre essa importante memória.

Conteúdo interativo disponível na plataforma de ensino!

Fundamentos de Arquitetura de Computadores

O modelo de Von Neumann norteia diversos modelos computacionais que temos na atualidade, bem como insere o conceito de diversos conjuntos de memórias que existem na grande maioria dos sistemas computacionais. Para saber mais, leia o capítulo 3 desta obra: Componentes de Computador e modelo Von Neumann.

